台灣地區生質酒精作物評估

農試所所　長 林俊義
農試所生技組 賴瑞聲

一、前言

面臨石油等礦物能源逐漸耗竭，石油價格維持攀升趨勢，以及使用礦物能源產生大量二氧化碳造成的環境問題，開發新能源是必然趨勢，生質能源是可以考慮的替代能源之一，台灣目前考量發展方向為生質柴油及生質酒精（乙醇Ethanol）二類，其中生質酒精利用方式有二：一為以無水酒精添加至汽油中使用，稱為乙醇汽油，在酒精含量＜10%狀態下，可不修改引擎即可利用；另一方式為開發酒精汽車，可利用20%~25%乙醇汽油，甚至可使用含水酒精。如果汽車使用乙醇汽油，可降低CO排放量20~30%，降低CO_2排放量25%左右，同時還可減少鉛化合物、碳氫化合物、氮氧化合物等有害物質的排放量。國內外生質酒精主要來源是以澱粉作物（如甘藷、玉米、木薯及穀類等）及糖質作物（如甘蔗、甜高粱、甜菜等）發酵生產酒精，本文將介紹適合台灣種植之生質酒精作物，並對其應用於生質酒精之生產效益進行初步評估。

二、澱粉類能源作物栽培與生產技術

(一)甘藷

台灣位於熱帶及亞熱帶之間，氣候溫暖，周年均適合種植甘藷。一般而言，甘藷栽培季節可分為4個時期，即春作（即一期作，二月~四月間種植），夏作（即二期作，五月~七月間種植），秋作（八月~九月種植）及裡作或晚秋作（十月~十一月間種植），國內已建立成熟的栽培體系。但如栽培期不同，則可能因為氣候條件之變化，使其生長發育、塊根產量及澱粉含量有相當大的差異，春作甘藷之鮮重產量及澱粉含量較低，此為甘藷育種及栽培上需注意之要點。

連絡人：林 所長 俊義
連絡電話：04-23302301-200

近年來甘藷以食用為主，全年可供苗品種為台農57號及66號，前者鮮藷澱粉含量高 (20~25%)，適合中南部種植，後者澱粉含量較低，適合北部種植，平均鮮重產量30公噸/公頃。農試所嘉義分所保存了約1,600個甘藷品種（系），如果以生產生質酒精用澱粉為考量，目前已篩選3個高澱粉品種，可應用於台灣生質酒精生產體系，包括(1)台農10號：晚熟種，塊根產量及澱粉含量高，為食用及飼料用品種，台灣各地區皆可栽培，適合秋作，平均塊根產量37公噸/公頃；(2)台農31號：晚熟種，耐旱，乾燥脊地亦能豐產，塊根產量及澱粉含量高，為食用及飼料用品種（圖一），台灣各地區皆可栽培，尤其以台南、高雄最佳，適合秋作，平均塊根產量44公噸/公頃。(3)台農新31號：晚熟種，耐旱，乾燥脊地亦能豐產，塊根產量及澱粉含量高，為食用及飼料用品種，台灣各地區皆可栽培，尤其以台南、高雄最佳，適合秋作及裡作，平均塊

根產量高於35公噸/公頃。澱粉用甘藷目前可以機械化栽培，從無病毒苗繁殖一直至採收均有一整套之小型機械栽培系統（圖二），有助於降低生產成本。

(二)玉米

玉米依用途可區分為食用玉米、飼料玉米及青割玉米，只有飼料玉米適合做生質酒精，栽培品種以台農1號（圖三）及台南20號為主，台灣目前飼料玉米生產面積約11,000~12,000公頃，籽粒總產量約60,000~65,000公噸，單位面積籽粒產量約5.2公噸/公頃，以嘉義及台南為主要產區，全年均可栽培玉米，但以春、秋二季為主，秋作較春作產量高出約500公斤/公頃。台灣已有完善之栽培生產體系，並有相關作業機械可配合，以真空雙層施肥播種器播種，並以大型收穫機進行採穗、去苞葉、脫粒一貫作業。

(三)木薯

適於熱帶及亞熱帶氣候，無霜害及暴風雨較少的地區均可栽培，具有耐旱、耐瘠及耐酸等特性，栽培行株距60×120公分，可春植或秋植，可進行單年生栽培或二年生栽培，栽培期長，約12個月才可採收且吸肥力強，對地力耗損大，不宜連作。依氰酸含量多寡可分為苦味種（高氰酸）及甜味種（圖四）二種，苦味種生育強健，產量及澱粉含量較高，主要供製粉及製籤用，民國60年代栽培面積達2萬公頃以上，每公頃平均產量約16公噸，民國68年選育埔里選1號，澱粉含量約29%，而民國81年以後製粉產業已沒落，目前僅零星栽培甜味種約100公頃，直接以塊根供作食用，單年生甜味種平均產量約為14公噸/公頃，目前尚無適當機械可配合採收作業。

三、糖質類能源作物栽培與生產技術

(一)甘蔗

甘蔗為C4型作物，依用途可分為生食用甘蔗及製糖用甘蔗，生質酒精通常採製糖用甘蔗為原料，目前以ROC10、ROC16及ROC24為主要栽培品種（圖五），其糖份含量約12%，台糖公司對於甘蔗生產已有多年經驗，目前仍保存有許多甘蔗種原，國內已建立甘蔗生產體系，一年四季都可進行種植，生長期約12個月（宿根栽培）~18個月（一般栽培），收穫期則集中於冬季，可有最高含糖量，國內平均莖稈產量78公噸/公頃，甘蔗以往都做砂糖加工用，也有副產品廢蜜酒精，但未曾直接以甘蔗原料生產酒精。在94年2月開放砂糖自由進口，政策性鼓勵離蔗的環境下，目前台灣年產約90萬公噸甘蔗產量，可維持3個工廠各100開工天（每年12月中旬~翌年3月中旬）。

(二)甜高粱（圖六）

高粱源自熱帶地區，為一年生C4型作物，具有抗旱性強、耐高溫生理特性，可分為籽實高粱（澱粉籽實）、甜高粱（莖稈糖汁）及纖維用高粱，台灣僅在民國70年代有甜高粱試種紀錄，其餘都栽培籽實高粱，民國81年時栽培面積約25,000公頃，籽實產量約11萬公噸，而後配合水旱田利用調整計畫實施，91年生產面積剩約3,860公頃，主要集中於雲林、嘉義及台南地區。其中酒精用之甜高粱栽培管理方式與飼料用之籽實高粱相近，可於春、秋兩季播種，可採行春作播種，收穫後於夏作行宿根栽培，本所於94年引進甜高粱種原進行試種，二年試

圖一、甘藷台農31號。

圖二、甘藷機械化採收。

圖三、.飼料玉米台農1號。

圖四、木薯甜味種。

圖五、甘蔗ROC27品種（翻印自台灣農家要覽第三版）。

圖六、甜高粱早熟品系Simon。

種資料顯示品系間單位面積產量為莖稈鮮重40~60公噸/公頃，糖份含量為8~9%。其優點為：(1)栽培容易，可用種子繁殖，(2)需水量低，水分利用效率高，(3)耐旱及耐濕能力強，(4)生長期短（4個月以內），單位時間產量高，適合現有栽培體系，適用機械播種及管理，(5)可宿根栽培。但其缺點為： (1)播種後初期需雜草管理，(2)產物體積較龐大，儲存及產製過程需較大空間，(3)在農村景觀方面較不具美化特色。

四、生質酒精作物產量及生質酒精轉換估算比較

(一)種植適期及產量比較

上述五種生質酒精作物在台灣幾乎全年可種植，然而，因季節及氣候條件不同，產量及澱粉（或糖質）含量有很大差異，例如春作甘藷平均產量20公噸/公頃，澱粉含量低於20%，秋作甘藷產量則可達40公噸/公頃以上，澱粉含量25%；秋作玉米產量也較春作高約500公斤/公頃（表一），因而單位面積之澱粉產量有不同表現；以甘蔗及木薯而言，生育期大多超過12個月，不論春植或秋植，其收穫期都集中於12月~翌年3月；而甜高粱可行春作、夏宿根及秋作，唯不同期作間之產量及含糖量尚未有足夠試驗資料可供比較。以發展生質能源為考量，宜考慮最適種植期及省工栽培方式，以降低栽培過程之能源投入及生產成本，謹將此五種生質酒精作物之最適栽培期、產量及生質酒精轉換潛力列如表二，由表中可看出，除甜高粱外，其餘四種作物之收穫期集中於12月~翌年5月，對酒精工廠而言，原料供應太過於集中，完整之生質酒精生產體系應全年可穩定供應原料。

(二)作物生長期及土地利用性

以每公頃酒精產量而言，甘藷最多（5,000公升/公頃），甘蔗其次，玉米最低（1,456公升/公頃），惟甘蔗生長期長，只宜於低度利用之土地推廣。甘藷具有最高酒精產出潛力，惟其缺點為產期集中，水分含量高，必須建立乾燥、加工及儲運體系，以產地乾燥及儲藏後，分期運至酒精工廠轉化生質酒精。玉米可在田間乾燥至13%水含量，不必再加工，但其酒精產出低，在台灣成本較高。甜高粱雖酒精產出少，但栽培容易，耐風、耐雨、耐高濕，一年可三作，亦為可考量之作物，尤其春作無適當作物栽培時，可作為輪作用之酒精作物。

如果考量作物生長期之長短，甘藷生長期約5個月，玉米生長期約4個月，木薯生長期約12個月，甘蔗平均生長期為15個月，甜高粱生長期約4個月，單位時間之生質酒精轉換潛力為：甘藷1,000公升/公頃/月，玉米364公升/公頃/月，木薯232公升/公頃/月，甘蔗312公升/公頃/月，甜高粱560公升/公頃/月（表二），以甘藷最高，甜高粱次之，木薯最低。以土地利用彈性而言，種植甘蔗土地利用彈性最差，其次為木薯，與現有休耕補助體系似不相符。

(三)澱粉類與糖質類原料之優劣比較

澱粉類作物甘藷、玉米及木薯澱粉含量較高，原料體積較小，所需運輸成本相對較低，在工廠可儲藏時間較久（儲藏空間及成本是另一問題）是其優點，但澱粉類轉化為酒精需多一道將澱粉高溫糊化程序，需較多能源投入及轉化成本。而糖質作物糖質當量含量較低（佔鮮重之8% 12%），原料體積較大，所需運輸成本相

對較高，並且不可儲藏，需儘速送至工廠加工轉化為酒精，然而，甘蔗及甜高粱榨汁後，糖汁可直接發酵轉化為酒精，轉化成本及能源投入較低，榨完汁之莖稈渣可作燃料或作纖維酒精，未來配合適當菌種篩選，可以整條莖稈進行發酵生產酒精，更能提高生產效益。

五、結語

石化能源有限，價格日益攀升是必然趨勢，發展替代能源是全世界一致的作法。巴西生產甘蔗酒精雖然產業成熟，但生產成本已無降低空間，產量更受到國際油價及糖價的交互牽動。國內酒精及食糖以進口為主，因應未來油價、食糖價格及

表一、五種生質酒精作物種植期及產量比較

作物	種植期	採收期	單期作產量(公噸/公頃)	澱粉或糖質含量(鮮重)	澱粉或糖質產量(公斤/公頃)	備　註
甘藷	春作 秋作/裡作	6月~8月 12月~翌年5月	20 40	18~20% 25%	3,600~4,000 10,000	產量為鮮藷澱粉塊根，一年可2期作
玉米	春作 秋作	5月~7月 12月~翌年2月	4.7 5.2	56% 56%	2,632 2,912	產量為澱粉籽實，一年可2期作，但5月~7月之可能降雨不利於籽實採收
木薯	春植 秋植	12月~翌年2月 翌年12月~年2月	16	29%	4,640	產量為鮮薯澱粉塊根，一年1期作
甘蔗	春植 秋植	翌年12月~後年3月 翌年12月~後年3月	78	12%	9,360	產量為糖質莖稈鮮重（不含葉片），通常為2.5年2收（新植及宿根各1次）
甜高粱	春作 夏宿根 秋作	6~7月 9~10月 12月~翌年1月	50	8~9%	4,000~4,500	產量為糖質莖稈及葉片鮮重，一年可3期作，台灣地區尚未有期作間產量比較資料

表二、五種生質酒精作物最適栽培期及生質酒精轉換比較

作物	栽培適期	採收期	澱粉或糖質產量(公斤/公頃)	生質酒精產量[z]（公升/公頃）	生長期（月）	單位時間之生質酒精轉換潛力(公升/公頃/月)
甘藷	秋作/裡作	12月~翌年5月	10,000	5,000	5	1,000
玉米	秋作	12月~翌年2月	2,912	1,456	4	364
木薯	春植	12月~翌年2月	4,640	2,320	12	232
甘蔗	秋植	翌年12月~後年3月	9,360	4,680	15	312
甜高粱	春作 夏宿根 秋作	6~7月 9~10月 12月~翌年1月	4,500	2,250	4	560

[z]生質酒精產量估算＝澱粉或糖質產量×50%

原料如玉米、小麥等可能上漲的趨勢，自行發展生質酒精能源作物仍有其必要性。建立完整之生質酒精生產體系，需考量： (1)農地（休耕地）的利用，(2)栽培能源作物種類，(3)最適栽培期以達到省工及高產目的，(4)可機械栽培及收穫，(5)分散收穫期以穩定供應原料，(6)原料產地到酒精轉換工廠之原物料運輸距離及成本。因此，木薯生長期長、尚無機械可配合採收，且單位時間之生質酒精轉換率低，現階段不符合台灣發展生質酒精之要求；建議生質酒精作物體系可考慮3月~9月生產二期甜高粱（春作及夏宿根），10月~翌年2月生產甘藷，既可避免單一作物連作之弊端，又能分散收穫期，較能穩定供應工廠原料，也可適當搭配秋作飼料玉米生產，其澱粉籽實體積小、含水率低，易於運輸及儲藏。後續之研究發展重點建議：(1)發展一套栽培生產體系，可同時納入油料作物（生質柴油用）、生質酒精用作物及糧食作物，使天候影響降至最低，又可減少勞力投入及降低病蟲草害防治藥劑使用。(2)篩選高產品系與省工栽培研究，尤其是採收與運輸機具之配合，以降低原料生產成本。(3)澱粉及糖類醱酵作用效率提升：由作物澱粉經常溫進行糖化及醱酵的酒精生成方式，是一種較省能源的方法，提高糖化作用效率及篩選高度醱酵能力菌種是值得發展的重點方向。(4)設置無水酒精製造廠，並建立酒精、蔗糖調節式生產工廠。(5)建立甘藷低成本乾燥加工儲運體系，以利甘藷採收後之調節及儲運。

六、參考文獻

王國任。2005。甘蔗。P171~180。農作篇（一）。台灣農家要覽增修訂第三版。財團法人豐年社。台北市。

游添榮。2005。玉米。P69~80。農作篇（一）。台灣農家要覽增修訂第三版。財團法人豐年社。台北市。

曾勝雄。2005。木薯。P165~170。農作篇（一）。台灣農家要覽增修訂第三版。財團法人豐年社。台北市。

賴永昌。2005。甘藷。P57~68。農作篇（一）。台灣農家要覽增修訂第三版。財團法人豐年社。台北市。

Curt, M. D., Fernandez, J., Martinez, 401-409.

Dolciotti, Ivano; Mambelli, Stefania; Grandi, Silvia; Venturi, Gianpietro. 1998. Industrial Crops and Products. 7: 265-272.

Gustavsson, Leif; Börjesson, Pål; Johansson, Bengt; Svenningsson, Per. 1995. Energy 20: 1097-1113.

Monti, Andrea; Venturi, Gianpietro. 2003. European Journal of Agronomy 19: 35-43.

(本文同步刊登農業世界雜誌第287期)